

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07321406 A**(43) Date of publication of application: **08.12.95**

(51) Int. Cl.

H01S 3/18(21) Application number: **06116333**(22) Date of filing: **30.05.94**(71) Applicant: **FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE**(72) Inventor: **IWAI NORIHIRO
KASUKAWA AKIHIKO**(54) **SEMICONDUCTOR LASER DEVICE**

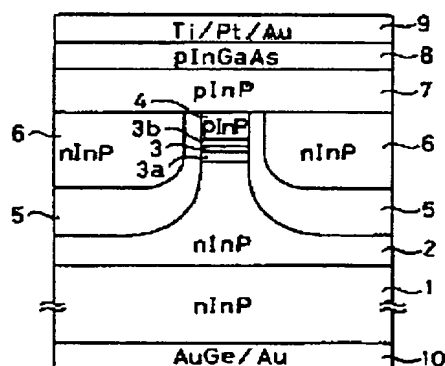
(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a semiconductor laser device in which spontaneous emission light creeping into a current constriction layer is pushed back into a stripe-shaped active layer, in which the light confinement effect is enhanced and in which a threshold current is lowered by a method wherein reflectors which act in a direction to return the light creeping from the active layer to the active layer are installed on both side faces of the active layer.

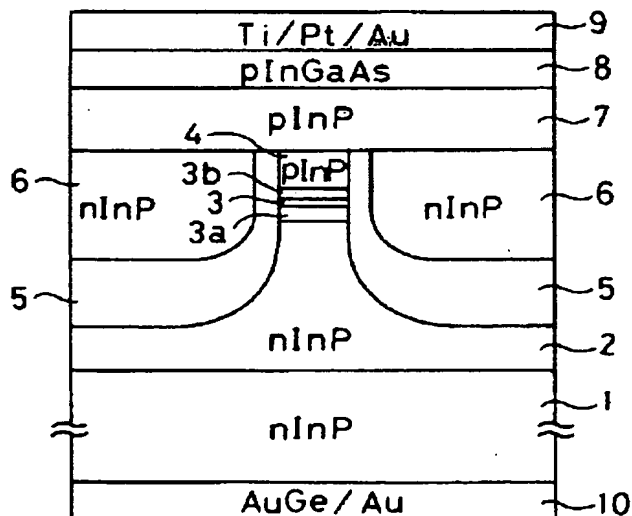
CONSTITUTION: By using an MOCVD method, a second upper clad layer 7 which is composed of a p-type InP layer and a contact layer 8 which is composed of a p-type InGaAs layer are formed. A positive electrode 9 which is composed of a Ti/Pt/Au layer is formed on it. An n-type InP substrate is polished, and a negative electrode which is composed of an AuGe/Au layer is formed under it. Then, this assembly is cleaved in such a way that a resonator length becomes 150 to 200 μm , and highly reflecting films composed of SiO_2 or the like are formed on both edges.

Since a current constriction layer for a buried-heterostructure semiconductor laser device manufactured in this manner is composed of a combination of a DBR layer 5 and an n-type InP layer 6, a current constriction effect is displayed, an optical confinement effect is enhanced, and a threshold current is lowered.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(11)特許出願公開番号



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ストライプ状活性層の両側面に、前記活性層からしみ出した光を前記活性層にもどす方向に動作する反射鏡が設けられてなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記反射鏡は電流狭窄層を兼ねてなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ストライプ状活性層を挟んで電流狭窄層が設けられている、いわゆる埋め込みヘテロ構造の半導体レーザ装置の改良と、少なくとも上部クラッド層とコンタクト層とがメサ状に突出している、いわゆるリッジストライプ型半導体レーザの改良とに関する。特に、しきい値電流を低減する改良に関する。

【0002】

【従来の技術】従来技術に係る半導体レーザ装置の 1 例を、図を参照して説明する。

【0003】図 8 参照図において、1 は n 型 InP 基板であり、2 は n 型 InP 層よりなる下部クラッド層であり、光放出方向（図において紙面に垂直な方向）に平行なストライプを残留して左右が除去されてメサ状とされている。ストライプ状の下部クラッド層 2 上には、活性層 3（例えばバンドギャップ波長が $1.36\mu\text{m}$ である InGaAsP よりなる井戸層とバンドギャップ波長が $1.1\mu\text{m}$ である InGaAsP よりなるバリア層の 8 ペアよりなる量子井戸層）と、p 型 InP 層よりなる上部クラッド層 4 とが形成されている。一方、ストライプを左右方向から挟んで、p 型 InP 層 5a とその上に形成される n 型 InP 層 6 との組み合わせよりなる電流狭窄層が形成されている。その上に、p 型 InP 層よりなる第 2 上部クラッド層 7 が形成され、その上に、p 型 InGaAs 層よりなるコンタクト層 8 が形成され、その上に、Ti/Pt/Au 層よりなる正電極 9 が形成されており、一方、n 型 InP 基板 1 は半導体積層体が製造された後厚さが $100\mu\text{m}$ 程度に研磨され、AuGe/Au 層よりなる負電極 10 が形成されている。また、ストライプにそう方向の長さ（共振器長）が $150\sim 200\mu\text{m}$ になるように劈開され、両端面に高反射膜（図示せず。）がコートされている。

【0004】正負電極 9・10 間に順方向電圧が印加されると、正電極 9 から負電極に向かって電流が流れるが、ストライプ状をなす活性層 3 を左右方向から挟んで、逆導電型接合の電流狭窄層 5a・6 が形成されているので、電流はストライプ状の活性層 3 のみを流れることになる。そして、量子井戸層等よりなる活性層 3 内で、活発に電子の再結合が発生して、活性層 3 を構成する半導体のバンドギャップに対応して決定される波長のルミネッセンス光を発光する。このルミネッセンス光は

すべての方向に発光するが、活性層 3 は光放出方向（図において紙面に垂直な方向）を除いて、上下左右とも屈折率の小さい InP 層に囲まれているので、光は活性層 3 中に閉じ込められる。一方、光放出方向（図において紙面に垂直な方向）には高反射膜が形成されているので、光は活性層 3 内を光放出方向に往復することによって増幅されて、レーザとして機能することになる。

【0005】上記の構造の場合、しきい値電流は 1mA 程度であり、実用できる程度である。また、遠視野像半値幅の水平・垂直方向のアスペクト比は 1.2 程度であるため、光ファイバーとの結合効率も良好であり、この点からも実用できる程度である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記構造の半導体レーザ装置の特性は実用可能な程度であるが、しきい値電流をさらに低下したいと云う要望がある。

【0007】本発明の目的はこの要望に応えることにあり、しきい値電流がより低い半導体レーザ装置を提供することにある。

20 【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、ストライプ状活性層の両側面に、活性層からしみ出した光を活性層にもどす方向に動作する反射鏡が設けられている半導体レーザ装置によって達成される。

【0009】そして、この反射鏡は電流狭窄層としても機能する構成とすることもできる。

【0010】

30 【作用】本発明に係る半導体レーザ装置においては、ストライプ状活性層の両側面に、活性層からしみ出した光を活性層にもどすように動作する反射鏡が設けられているので、光の閉じ込め効率が良好であり、しきい値電流が低下する。

【0011】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の四つの実施例に係る半導体レーザ装置について説明し、本発明の構成と特有の効果とを明らかにする。

【0012】第 1 例

図 2 参照

40 有機金属気相成長法（以下 MOCVD 法と云う。）を使用して、n 型 InP 基板 1 上に、n 型 InP 層よりなる下部クラッド層 2 を形成し、次に、バンドギャップ波長が $1.1\mu\text{m}$ 、 $1.05\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 及び $0.95\mu\text{m}$ の InGaAsP 層よりなる 4 ステップの下部グレーデッドインデックスセパレートコンファインメントヘテロストラクチャー層（以下 GRIN-SCH 層と云う。）3a を形成し、その上に、バンドギャップ波長が $1.36\mu\text{m}$ である InGaAsP 層よりなる井戸層とバンドギャップ波長が $1.1\mu\text{m}$ である InGaAsP 層よりなるバリア層との 8 ペアよりなる量子井戸（MQW）活性層 3 を形成し、さらにその上に、バンドギャッ

波長が $0.95\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 、 $1.05\mu\text{m}$ 及び $1.1\mu\text{m}$ のInGaAsP層よりなる4ステップの上部GRIN-SCH層3bを形成し、その上に、p型InP層よりなる上部クラッド層4を形成する。

【0013】その上に、ストライプに対応して、SiN膜よりなるマスク4aを形成する。この工程は気相成長法(CVD法)とバッファードフッ酸(フッ酸の希釈液)をエッチャントとするウェットエッチング法とを使用して容易に実行できる。

【0014】図3参照

SiN膜よりなるマスク4aとブロムメタノール等ブロム系エッチャントを使用してなすウェットエッチング法とを使用して、上部クラッド層4と上部GRIN-SCH層3bとMQW活性層3と下部GRIN-SCH層3aとをストライプ状にエッチングする。このとき、ストライプはマスク4aの下部まで、いくらかサイドエッチされることは避け難い。さらに、下部クラッド層2をメサ状にエッチングする。

【0015】図4参照

再びMOCVD法を使用して、バンドギャップ波長が $1.1\mu\text{m}$ であり厚さが $\lambda/4n_1$ (但し、 λ は発光波長であり、 n_1 はInGaAsPの屈折率である。)であるp型InGaAsP層と厚さが $\lambda/4n_2$ (但し、 λ は発光波長であり、 n_2 はInPの屈折率である。)であるp型InP層とを交互に各5層積層した分布帰還型光反射層(DBR層)5とn型InP層6との組み合わせよりなる電流狭窄層を形成する。なお、バンドギャップ波長が $1.1\mu\text{m}$ であるInGaAsPの屈折率 n_1 は3.32であり、InPの屈折率 n_2 は3.21である。

【0016】本発明では、DBR層の反射率をより高くすることが、しきい値電流を低下させるために好ましいため、上記の組み合わせの場合、DBR層のペア数は5以上とすることが好ましい。また、少ないペア数で、高い反射率を得るため、屈折率差が大きくなるペアが望ましい。しかし、InP系材料の場合、InPに対して屈折率差を大きくするためには、バンドギャップ波長の大きいInGaAsP層を用いなければならない。このため、発振波長に近づきすぎると逆に吸収されてしまうので損失となってしまう。このようなことから、発振波長 $1.3\mu\text{m}$ で発振する素子の場合、InPとバンドギャップ波長が $1.1\sim 1.2\mu\text{m}$ 程度であるInGaAsPとのペアが好ましく、InGaAsPのバンドギャップ波長は $1.15\mu\text{m}$ が特に好ましい。また、発振波長 $1.55\mu\text{m}$ で発振する素子の場合、InPとバンドギャップ波長が $1.20\sim 1.40\mu\text{m}$ 程度であるInGaAsPとのペアが好ましく、InGaAsPのバンドギャップ波長は $1.30\mu\text{m}$ が特に好ましい。

【0017】使用済みのSiN膜よりなるマスク4aを除去する。

【0018】図1参照

さらにMOCVD法を使用して、p型InP層よりなる第2上部クラッド層7とp型InGaAs層よりなるコンタクト層8とを形成する。その上に、Ti/Pt/Au層よりなる正電極9を形成する。

【0019】n型InP基板1の厚さを $100\mu\text{m}$ 程度に研磨して、その下に、AuGe/Au層よりなる負電極10を形成する。

【0020】次に、共振器長が $150\sim 200\mu\text{m}$ になるように劈開し、両端面にSiO₂等の高反射膜(図示せず。)を形成する。

【0021】上記の工程をもって製造されたいわゆる埋め込みヘテロ構造の半導体レーザ装置の電流狭窄層は、DBR層5とn型InP層6との組み合わせよりなるので、電流狭窄効果が十分発揮されることは勿論、光閉じ込め効果も従来の場合より向上するので、しきい値電流が低下する。実験の結果によれば、しきい値電流は $50\mu\text{A}$ 程度であり、その他の条件は特に変更されていない半導体レーザ装置のしきい値電流の50%である。

【0022】なお、DBRの各層には、異なる屈折率を有する材料であれば使用できるが、少ないペア数で十分な反射率を有する組み合わせであればよいのであり、上記の例には限定されない。

【0023】第2例

図5参照

図に第2実施例に係る半導体レーザ装置の層構成図を示す。図1に示す例と相違する点は、電流狭窄層がアモルファスシリコン層とSiO₂層とを交互に積層したDBR層により構成されていることのみである。このアモルファスシリコン層とSiO₂層との積層体は絶縁物であり電流狭窄効果を有するとともに、発光波長に対して高反射率を有するので光閉じ込め効果も有し、しきい値電流を低下する効果を有する。屈折率は、Siが3.44であり、SiO₂が1.45であり、実施例1の組み合わせより少ないペア数で本発明の効果が得られるが、3ペア以上とすることが好ましい。

【0024】なお、本実施例においては、電流狭窄層5bを構成する絶縁物としてアモルファスシリコン層とSiO₂層との積層体を使用しているが、これは1例である。発光波長に対して高反射率を有すればよく、アモルファスシリコン層とSiO₂層との積層体に限定するものではない。

【0025】使用する材料は、屈折率が異なればよいが、少ないペア数で、十分な反射率を得るためには、両材料の屈折率差が大きい程よいので、アモルファスシリコンと、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化シリコン、フッ化マグネシウム、酸化マグネシウム等との組み合わせが使用可能である。特に、アモルファスシリコンと窒化アルミニウムとの組み合わせは熱伝導率が良好であるから、活性層の発熱の影響も低減できる利

点がある。たゞ、これらの材料は、格子定数が半導体のそれと大幅に異なるので、ペア数は少ないことが好ましい。信頼性が向上するからである。

【0026】第3例

図6参照

図に第3実施例に係る半導体レーザ装置の層構成図を示す。図5に示す例と相違する点は、電流狭窄層5bと下部クラッド層2・活性層3 (GRIN-SCH層3a・3bを含む。)・上部クラッド層8との間にp型InP層よりなる保護層5cが付加されていることのみである。

【0027】この保護層5cの機能は活性層3 (GRIN-SCH層3a・3bを含む。)の保護と横モードの安定とにある。

【0028】第4例

図7参照

図に第4実施例に係る半導体レーザ装置の層構成図を示す。図1に示す例と相違する点は、電流狭窄層が厚さが $\lambda/4n1$ (λ は発光波長であり、 $n1$ はInGaAsPの屈折率である。)のFeドープの半絶縁性InGaAsP層 (バンドギャップ波長は $1.1\mu m$) と厚さが $\lambda/4n2$ (λ は発光波長であり、 $n2$ はInPの屈折率である。)のFeドープの半絶縁性InPとの5ペア5dとn型InP層6との組み合わせとされていることのみである。

【0029】FeドープのInGaAsP層とFeドープのInP層との積層体よりなるDBR層5dの機能は、電流狭窄効果と光閉じ込め効果に加えて、動作性を高速化することにある。この組み合わせの場合、キャパシタンスが低下するので動作速度が高速化し、本実施例に係る半導体レーザ装置においては、しきい値電流が低いことに加えて、動作速度が向上する利点がある。なお、他の半絶縁性半導体の組み合わせも使用できる。使用する半導体は屈折率が異なればよいが、少ないペア数で十分大きな反射率を得るためには、両材料の屈折率差が大きいことが望ましい。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る半導体レーザ装置は、ストライプ状活性層の両側面に、活性層からしみ出した光を活性層にもどすように動作する反射鏡が設けられているので、電流狭窄層中にしみ出る自然放出光が活性層中に押しもどされ、光閉じ込め効果が向上して、しきい値電流が低下する。

【0031】なお、上記の実施例にあつては、活性層には、GRIN-SCH層に挟まれた量子井戸層が使用されているが、これは1例であり、本発明を限定するもの

ではない。また、上記の実施例では、反射鏡としてDBRのみを例示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばコルゲーション構造であっても同様の効果を得ることが出来るのであり、本発明の範囲に含まれる。さらに、第2・第3実施例から明らかなように、いわゆる埋め込み構造だけでなく、少なくとも上部クラッド層とコンタクト層とがメサ状に突出している、いわゆるリッジストライプ構造であってもよい。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明の第1実施例に係る半導体レーザ装置の層構成図である。

【図2】本発明の第1実施例に係る半導体レーザ装置の製造工程図である。

【図3】本発明の第1実施例に係る半導体レーザ装置の製造工程図である。

【図4】本発明の第1実施例に係る半導体レーザ装置の製造工程図である。

【図5】本発明の第2実施例に係る半導体レーザ装置の層構成図である。

20 【図6】本発明の第3実施例に係る半導体レーザ装置の層構成図である。

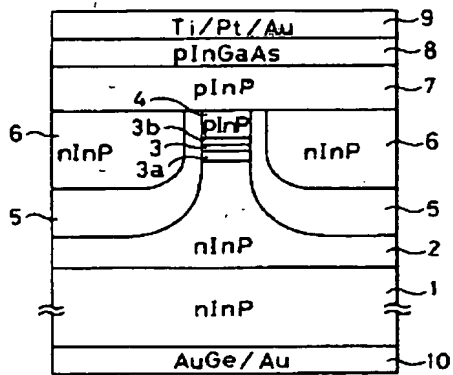
【図7】本発明の第4実施例に係る半導体レーザ装置の層構成図である。

【図8】従来技術に係る半導体レーザ装置の層構成図である。

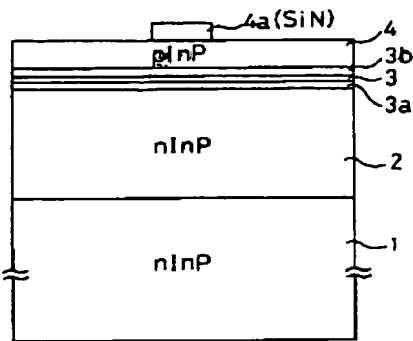
【符号の説明】

- | | |
|----|--|
| 1 | n型InP基板 |
| 2 | 下部クラッド層 (n型InP) |
| 3 | 活性層 (MQW) |
| 30 | 3a 下部GRIN-SCH層 |
| | 3b 上部GRIN-SCH層 |
| 4 | 上部クラッド層 (p型InP) |
| 4a | マスク (SiN) |
| 5 | DBR層 |
| 5a | p型InP層 |
| 5b | 電流狭窄層 (アモルファスシリコン層とSiO ₂ 層とのペア) |
| 5c | 保護層 (p型InP) |
| 5d | Feドープの半絶縁性InGaAsP層とFe |
| 40 | ドープの半絶縁性InP層とのペア |
| 6 | n型InP層 |
| 7 | 第2上部クラッド層 (p型InP) |
| 8 | コンタクト層 (p型InGaAs) |
| 9 | 正電極 |
| 10 | 負電極 |

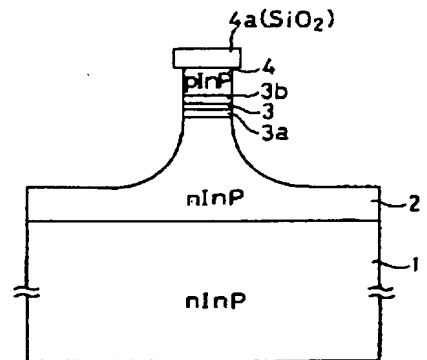
【図1】



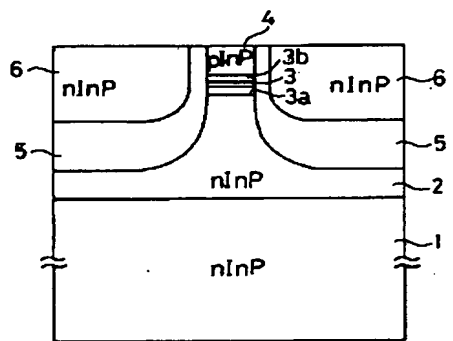
【図2】



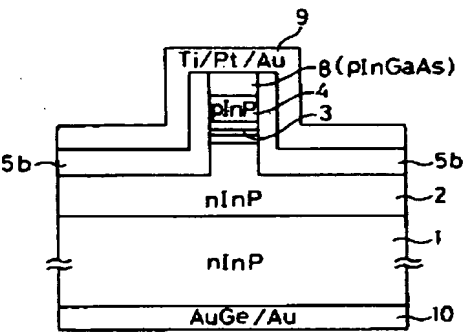
【図3】



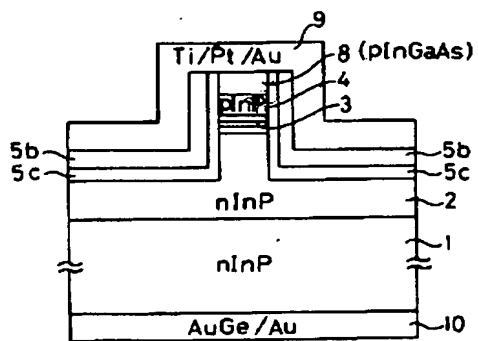
【図4】



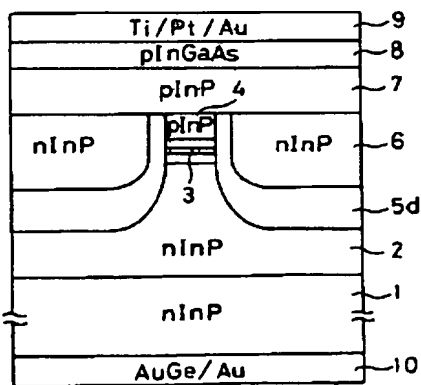
【図5】



【図6】



【図7】



【図 8】

